



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Gebrauchsmuster**  
⑩ **DE 94 21 650 U 1**

⑪ Aktenzeichen:	G 94 21 650.9
⑫ Anmeldetag:	16. 12. 94
⑬ aus Patentanmeldung:	P 44 45 097.4
⑭ Eintragungstag:	30. 5. 96
⑮ Bekanntmachung im Patentblatt:	11. 7. 96

⑯ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 03 G 7/00**  
H 03 G 3/32  
H 04 R 5/04  
// H05K 11/02, B60R  
16/02

DE 94 21 650 U 1

⑰ Inhaber:

Grundig E.M.V. Elektro-Mechanische  
Versuchsanstalt Max Grundig GmbH & Co. KG,  
90762 Fürth, DE

⑱ Anordnung zur adaptiven Anpassung des Dynamikumfangs eines Audiosignals

DE 94 21 650 U 1

23.04.95

## Anordnung zur adaptiven Anpassung des Dynamikumfangs eines Audiosignals

### BESCHREIBUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur adaptiven Anpassung des Dynamikumfangs eines Audiosignals mit den in den Oberbegriffen des Schutzanspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

Bei der Wiedergabe von Audiosignalen in Motorfahrzeugen stellt der mit zunehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs ebenfalls zunehmende Pegel von Störgeräuschen ein Problem dar.

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, mit zunehmendem Pegel der Störgeräusche auch den Pegel der wiederzugebenden Audiosignale anzuheben. Die Anhebung des Pegels der wiederzugebenden Audiosignale erfolgt dabei nach Maßgabe einer Auswertung der Signale eines in der Fahrgastzelle angebrachten Mikrofons oder abgeleitet von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs.

23.04.95

23.04.95

Diese Art der Verdeckung der Störgeräusche weist aber den Nachteil auf, daß die Lautstärke des Audiosignals insgesamt mit zunehmendem Pegel des Störgeräuschs zunimmt. Bei einem hohen Störgeräuschpegel wird das wiederzugebende Audiosignal unter Umständen so stark angehoben, daß laute Abschnitte des Audiosignals den zum Betrieb der Lautsprecher verwendeten Verstärker übersteuern, nicht mehr unverzerrt von den Lautsprecher wiedergegeben werden oder die Schmerzgrenze beim Hörer überschreiten. Insgesamt wird durch die Anhebung des Pegels über den gesamten Dynamikbereich des wiederzugebenden Audiosignals auch keine Verbesserung der Verständlichkeit von z.B. Durchsagen oder allgemein Sprache erreicht.

Aus dem Artikel "POWER & SOUND", erschienen in der Zeitschrift autohifi, Ausgabe Dezember/Januar 1/95, Seiten 38 bis 41, ist eine Sound-Prozessor-Anlage der Firma Nokia bekannt, bei der die Anhebung des Pegels des wiederzugebenden Audiosignals nicht über den gesamten Dynamikbereich erfolgt. Der Sound-Prozessor-Anlage liegen die nachfolgenden Gedanken zugrunde.

Die stärksten Störquellen weisen ein geschwindigkeitsabhängiges Verhalten auf, wie es in Figur 6 für einen Wiedergabebereich von 20 bis 20.000Hz dargestellt ist. Mit zunehmender Geschwindigkeit ändern sich Störamplitude, Störfrequenzgang und Hörfläche.

In Figur 6 ist dieser Zusammenhang für eine höhere Geschwindigkeit (ca. 130km/h, Kennlinie 1) und für eine niedrigere Geschwindigkeit (ca. 50km/h, Kennlinie 2) dargestellt. Wiederzugebende Audiosignale, die in der mit

04.2.18.30

23.04.95

3 gekennzeichneten Fläche unterhalb der Kennlinien liegen können nicht mehr wahrgenommen werden. Die mit 4 gekennzeichnete Fläche oberhalb der Kennlinien wird als Hörfläche bezeichnet. Die Hörfläche wird nach oben durch die Schmerz- bzw. Übersteuerungsgrenze festgelegt. Durch die stärkere Anhebung leiser Abschnitte des wiederzugebenden Audiosignals werden diese in den Bereich der Hörfläche 4 verschoben. Lautere Abschnitte werden dagegen nur gering angehoben, wenn sie bereits in der Hörfläche liegen.

Durch diese Maßnahme wird der Dynamikumfang des wiederzugebenden Audiosignals verringert, was aber bei Audiosignalen mit großem Dynamikumfang, wie z.B. Audiosignalen von CD, nicht störend ist. Insgesamt werden somit Signale mit Pegeln unterhalb des Störpegels über den Störpegel angehoben, während Signale die bereits über dem Störpegel liegen nur geringfügig verstärkt werden. Dadurch steigt die Verständlichkeit z.B. von Durchsagen insgesamt an.

Aus dem oben erwähnten Zeitschriftenartikel geht jedoch nicht hervor, nach welchem Verfahren die Dynamikveränderung erfolgt und wie eine Anordnung zur Dynamikveränderung aufgebaut ist. Insbesondere werden keine Angaben darüber gemacht, wie die Veränderung des Dynamikumfangs und die Behandlung der unterschiedlich lauten Signalabschnitte des wiederzugebenden Audiosignals erfolgen muß, daß die Veränderung des Dynamikumfangs für Zuhörer unbemerkt bleibt.

9421650

23.04.95

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb eine Anordnung zur oben beschriebenen Anpassung des Dynamikumfangs und der Einstellung der Verstärkungsfaktoren für unterschiedlich laute Signalabschnitte eines wiederzugebenden Audiosignals an vorliegende Störpegel anzugeben, deren Arbeitsweise für Zuhörer insbesondere kaum wahrnehmbar sein soll.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, daß Veränderungen des Dynamikumfangs und der Verstärkungsfaktoren für unterschiedlich laute Signalabschnitte für Zuhörer nahezu unbemerkt sind, da die Veränderung des Dynamikumfangs und der Verstärkungsfaktoren für das wiederzugebende Audiosignal ausschließlich in den Nulldurchgängen des Audiosignals erfolgt.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung, die anhand von Figuren erfolgt.

Es zeigt

Figur 1 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung,

9421650

23.04.95

Figur 2 den Verlauf eines stereophonen Audiosignals,

Figuren 3 und 4 den Verlauf des Dynamikumfangs für verschiedene Störpegel in Abhängigkeit von der gewählten Lautstärke,

Figur 5 den Verlauf der Restdynamik für erfindungsgemäß verarbeitete Audiosignale, und

Figur 6 den frequenzabhängigen Zusammenhang von Störpegel und hörbarem Audiosignal.

In Figur 1 ist ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung zur adaptiven Anpassung des Dynamikumfangs eines Audiosignals an den Pegel eines im Abhörraum auftretenden Störsignals dargestellt. Bei dem Audiosignal handelt es sich um ein stereophones Signal, dessen beide Kanäle an den Klemmen  $IN_R$  und  $IN_L$  anliegen. Für beide Kanäle ist je ein Analog/Digital-Wandler 10 und 20, eine Verzögerungseinrichtung 11 und 21, ein Dynamikkompressor 12 und 22 und ein Digital/Analog-Wandler 13 und 23 vorgesehen. Die bearbeiteten Signale können an Klemmen  $OUT_R$  und  $OUT_L$  abgegriffen werden. Zusätzlich ist eine Einrichtung 1 zur Steuerung der Dynamikkompressoren 12 und 22 vorgesehen, welche Maxima und Nulldurchgänge der Signale in beiden Kanälen bestimmt und mit einer Steuereinrichtung 2 verbunden ist, welche Eingänge für den Pegel des Störsignals S und einen Lautstärkesteller V aufweist.

9421650

23.04.95

Die Einrichtungen 1 und 2 können beispielsweise von einem Mikrocomputer gebildet werden. Die Verzögerungseinrichtungen 11 und 21 können mittels geeigneter Speicher, z.B. FIFO-Speicher, realisiert werden. Die Dynamikkompressoren können mittels Multiplizierer gebildet werden. In einer anderen Realisierung können die Funktion der Einrichtungen 1, 2, 11, 21, 12 und 22 ganz oder teilweise von einem Mikrocomputer oder digitalen Signalprozessor übernommen werden. Falls das wiederzugebende Audiosignal  $IN_{R,L}$  bereits in digitaler Form vorliegt, kann natürlich auf die Analog/Digital-Wandler 10 und 20 verzichtet werden.

Zur Vereinfachung der Beschreibung wird auf die Darstellung weiterer Bestandteile wie Audiosignalquelle, an den Ausgängen  $OUT_{R,L}$  anzuschließende Leistungsverstärker und Lautsprecher verzichtet, weil sie im Zusammenhang mit dem Verständnis der vorliegenden Erfindung ohne Bedeutung sind.

Die an den Eingängen  $IN_{R,L}$  anliegenden Audiosignale werden von den Analog/Digital-Wandlern 10 und 20 digitalisiert. Die digitalen Signale werden den Verzögerungseinrichtungen 11 und 21 zugeführt und der Dynamikumfang der verzögerten Signale wird von den Dynamikkompressoren 12 und 22 an den Pegel des im Abhörraum auftretenden Störsignals angepaßt. Dazu wird von der Steuereinrichtung 2 die eingestellte Lautstärke  $V$  und der Störpegel  $S$  ausgewertet. Zur weiteren Verarbeitung stehen die von den Digital/Analog-Wandlern 13 und 23 gewandelten Signale an den Ausgängen  $OUT_{R,L}$  zur Verfügung.

9421850

23.04.99

In Figur 3 sind mögliche Verläufe des von Steuereinrichtung 2 festgelegten Dynamikumfangs dargestellt. Der Dynamikverlauf wird abhängig von eingestellter Lautstärke  $V$  und Störpegel  $S$  eingestellt. Ausgehend von einem minimalen Dynamikumfang, der zur Vermeidung einer Hörbarkeit der vorgenommenen Veränderung der Signaldynamik einen Wert von ca. 20 dB nicht unterschreiten sollte, wird mit zunehmender Lautstärke ein größerer Dynamikumfang eingestellt, bis der maximal mögliche Dynamikumfang erreicht ist. Der maximal mögliche Dynamikumfang ergibt sich dabei im wesentlichen durch den Dynamikumfang der wiederzugebenden Audiosignale, bei CD-Wiedergabe ca. 96 dB. Weiterhin ergibt sich der festgelegte Dynamikumfang durch die Auswertung des Störpegels  $S$  und kann bei stehendem Fahrzeug (geringer Störpegel) den Verlauf der mit 1 gekennzeichneten Kurve aufweisen, also den maximalen Dynamikumfang erreichen. Bei ansteigendem Störpegel erfolgt eine Reduzierung des maximalen Dynamikumfangs, z.B. bis 30 dB (Kurve 2).

Bei einer derartig starken Kompression des Dynamikumfangs werden leise Signalanteile sehr stark angehoben. Dies ist bei Signalquellen die ein gewisses Grundrauschen aufweisen nachteilig, da bei diesen durch die starke Anhebung der leisen Signalanteile auch das Grundrauschen sehr stark angehoben wird und damit störend wirkt. Dies kann vermieden werden, wenn bei starker Kompression des Dynamikumfangs die Anhebung für sehr leise Signalanteile gegenüber den mittleren Signalanteilen verringert wird, wie es in Figur 5 dargestellt ist.

9421850



27.04.95

In Figur 5 sind beispielhaft die Verläufe der Dynamikkompression für eine Restdynamik von 20dB (Kurven 1), 40dB (Kurven 2), 60dB (Kurven 3) und 80dB (Kurven 4) dargestellt. Kurve 5 stellt den Verlauf ohne Kompression dar. Die durchgezogenen Linien stellen den für die jeweils vorgegebene Restdynamik nötigen Verlauf dar, während die gestrichelten Linien die oben beschriebene Maßnahme zur Verminderung des störenden Grundrauschens leisen Signalanteilen darstellen.

Zur Vermeidung hörbarer Effekte durch die Änderung des Dynamikumfangs erfolgen Änderungen auf einen ermittelten, zulässigen Dynamikumfang kontinuierlich oder feinstufig.

Um trotz großer Lautstärkeeinstellung  $V$  die Clippinggrenze des Verstärkers oder sonstiger Elemente des Übertragungswegs nicht zu überschreiten, aber trotzdem einen Lautstärkenzuwachs zu erreichen, kann man den Dynamikumfang, wie in Figur 4 dargestellt, mit zunehmender Reglerstellung eingrenzen und damit den mittleren Signalpegel anheben. Diese Vorgehensweise kann man ebenso zur Vermeidung gehörschädigender Spitzenpegel einsetzen. Kurve 1 gibt, wie in Figur 3, den Dynamikverlauf bei geringem Störpegel wieder, Kurve 2 den Verlauf bei hohem Störpegel.

Anhand von Figur 2 wird nachfolgend die Einstellung der Verstärkungsfaktoren der Dynamikkompressoren durch die Steuereinrichtung 2 näher beschrieben, die sich durch die Laut/Leise-Schwankungen des wiederzugebenden Audiosignals

04.2.1990

23.04.95

ergeben. D.h. es wird von gleichbleibendem Störpegel und gleichbleibender Lautstärkeinstellung ausgegangen, für die - wie oben beschrieben - der mögliche Dynamikumfang bestimmt ist. Figur 2 stellt beispielhaft Eingangssignale  $IN_{R,L}$  des wiederzugebenden stereophonen Audiosignals dar.

Die stereophonen Audiosignale werden jeweils während eines vorgegebenen Zeitraums  $T$  von der Einrichtung 1 ausgewertet. Der Zeitraum  $T$  wird durch die tiefste wiederzugebende Frequenz festgelegt und entspricht mindestens dem Kehrwert dieser Frequenz, also 50ms bei 20Hz. Eine Auswertung größerer Zeiträume ist vorteilhaft, da sich damit sprunghafte Spitzenpegel des wiederzugebenden Audiosignals besser vorausschauend verarbeiten lassen.

Während des Zeitraums  $T$  werden die in beiden Signalen auftretenden Nulldurchgänge  $N_{3,4R}$  und  $N_{3,4L}$  und Maxima  $M_R$  und  $M_L$  ermittelt und an die Steuereinrichtung 2 weitergeleitet. Die Steuereinrichtung 2 wählt das größere der beiden von Einrichtung 1 erhaltenen Maxima für die weitere Steuerung aus (hier:  $M_R$ ), damit die Verstärkung für beide Kanäle gleich ist. Nach Maßgabe des momentan vorhandenen Störpegels  $S$  wird ein Mindestpegel festgelegt, welchen der kleinste Signalpegel des wiederzugebenden Audiosignals überschreiten sollte damit die Hörbarkeit gewährleistet ist. Daraus ergeben sich die für die Wiedergabe während des Zeitraums  $T$ , bei wie oben beschrieben festgelegter Dynamik, die Verstärkungsfaktoren

0421850

23.04.95

für die unterschiedliche Anhebung leiser und lauter Signalanteile. Der Verstärkungsfaktor für den lautesten Signalanteil  $M_R$  wird so festgelegt, daß eine Übersteuerung vermieden wird.

Die Anpassung der Verstärkungsfaktoren erfolgt, zur Vermeidung der Hörbarkeit der vorgenommenen Dynamikveränderung des wiederzugebenden Audiosignals, ausschließlich in den von Einrichtung 1 festgestellten Nulldurchgängen. Verkleinerungen der Verstärkungsfaktoren für laute Signalanteile werden dabei sofort vorgenommen, dh. in dem zeitlich vor dem Maximum liegenden Nulldurchgang, andere Änderungen erfolgen aber mit einer endlichen Anstiegsgeschwindigkeit, die im Bereich von 1 bis 10 dB/s liegen sollte. Dies, zusammen mit der ausschließlichen Veränderung der Verstärkungsfaktoren in den Nulldurchgängen, gewährleistet nahezu unhörbares Arbeiten der Anordnung, da nur größere sprunghafte Änderungen der Verstärkungsfaktoren als Verzerrung wahrgenommen werden.

Für das in Figur 2 dargestellte Beispiel bedeutet dies, daß neue Verstärkungsfaktoren in zeitlich innerhalb des Beobachtungszeitraums  $T$  vor dem Maximum  $M_R$  liegenden Nulldurchgängen eingestellt werden müssen. Für den linken Audiokanal ist dies im Nulldurchgängen  $N_{4L}$  möglich. Für den rechten Audiokanal ist eine rechtzeitige Umschaltung vom dem Maximum jedoch nicht möglich. Aus diesem Grund wird der Beobachtungszeitraum um die, wie oben angegeben bestimmte, Mindestbeobachtungszeit  $T$  (bei 20Hz: 50ms) verlängert (in Figur 2 als  $T'$  dargestellt). Dadurch ist

9421850

23.04.95

sichergestellt, daß ein Nulldurchgang zeitlich auch vor dem Maximum  $M_R$  liegt. Die nötige Einstellung des Verstärkungsfaktors kann nunmehr im Nulldurchgang  $N2_R$  stattfinden.

Wird eine starke Vergrößerung von Verstärkungsfaktoren nötig, können diese bereits in davorliegenden Nulldurchgängen geändert werden, um die nötige Veränderung trotz der begrenzten Anstiegsgeschwindigkeit erreichen zu können.

Die oben beschriebene Vorgehensweise bei der Änderung der Verstärkungsfaktoren gilt auch für Änderungen der Verstärkungsfaktoren die im Zusammenhang mit geänderter Lautstärkeeinstellung oder geändertem Störpegel nötig sind.

9421850

1. Anordnung zur adaptiven Anpassung des Dynamikumfangs eines Audiosignals mit mindestens einem Kanal an den Pegel eines im Abhörraum auftretenden Störsignals, mit mindestens einem Dynamikkompressor (12;22), der den Dynamikumfang des wiederzugebenden Audiosignals mit zunehmendem Pegel des Störsignals dadurch verringert, daß er Signalanteile des wiederzugebenden Audiosignals mit einem Pegel, der geringer als der Pegel des Störsignals ist, höher verstärkt als Signalanteile deren Pegel über dem Pegel des Störsignals liegt, um die Hörbarkeit des gesamten wiederzugebenden Audiosignals zur erreichen, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß eine Einrichtung (1) das Maximum des Pegels für den oder die Kanäle des wiederzugebenden Audiosignals für einen vorgegebenen Zeitraum (T) sowie die in einem zweiten Zeitraum (T,T') liegenden Nulldurchgänge ermittelt, daß für jeden Kanal des wiederzugebenden Audiosignals Verzögerungseinrichtungen (11;21) vorhanden sind, die das wiederzugebende Audiosignal für den vorgegebenen Zeitraum (T,T') verzögern, daß der oder die Dynamikkompressoren (12;22) von einer Steuereinrichtung (2), welche mit der Einrichtung (1) verbunden ist und Eingänge für den Pegel des Störsignals (S) und einen Lautstärkesteller (V) aufweist, gesteuert werden, wobei der Dynamikumfang des wiederzugebenden Audiosignals in Abhängigkeit von der Höhe des Pegels des Störsignals und des mit dem Lautstärkesteller vorgewählten Lautstärkepegels angepaßt wird, und

23.04.98

daß von der Steuereinrichtung (2) ermittelte Anpassungen durch den oder die Dynamikkompressoren (12;22) ausschließlich in den von der Einrichtung (1) ermittelten Nulldurchgängen des durch die Verzögerungseinrichtung oder die Verzögerungseinrichtungen (11;21) verzögerten Audiosignals erfolgen.

2. Anordnung nach Anspruch 1,  
**d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,**  
daß der Abhörraum von einer Fahrgastzelle eines Motorfahrzeugs gebildet wird.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,  
**d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,**  
daß der Pegel des Störsignals mittels eines Mikrofons festgestellt wird.

4. Anordnung nach Anspruch 2,  
**d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,**  
daß der Pegel des Störsignals von Geschwindigkeit oder Drehzahl des Motorfahrzeugs abgeleitet wird.

04.01.99

23.02.98

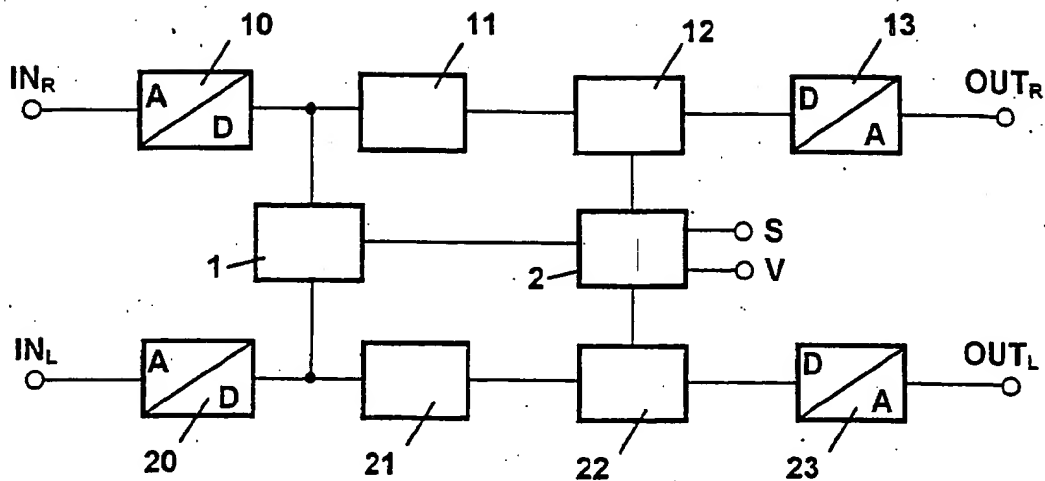


Fig.1

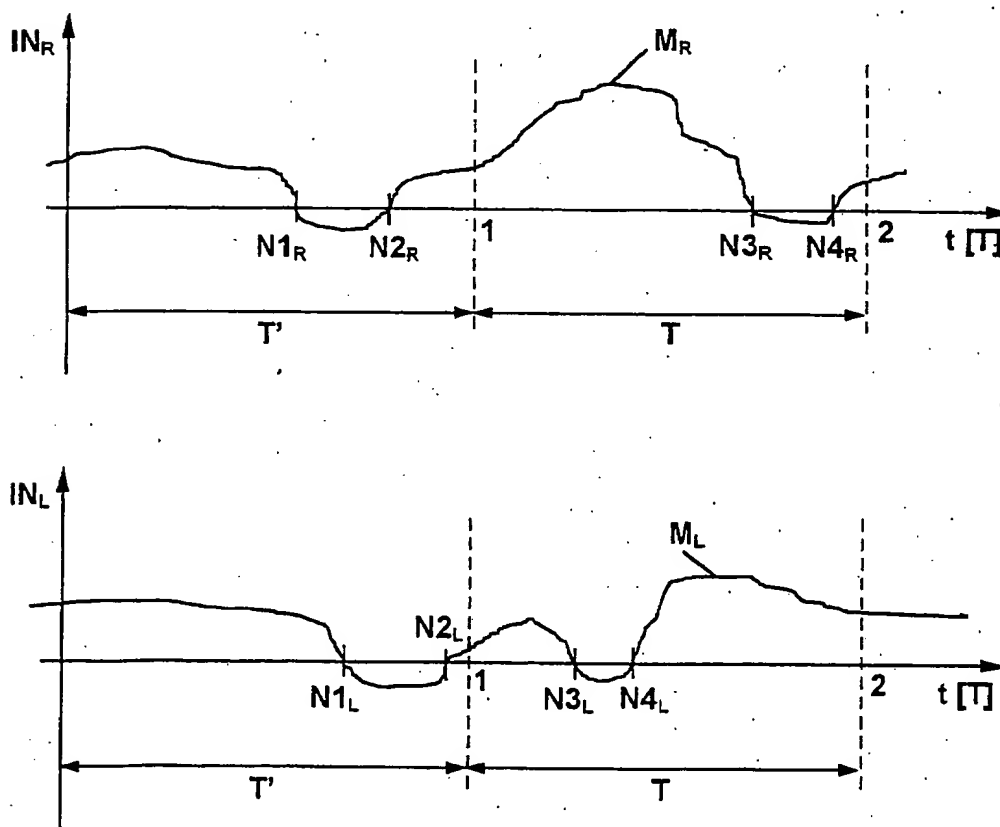


Fig.2

9421650

23.02.98

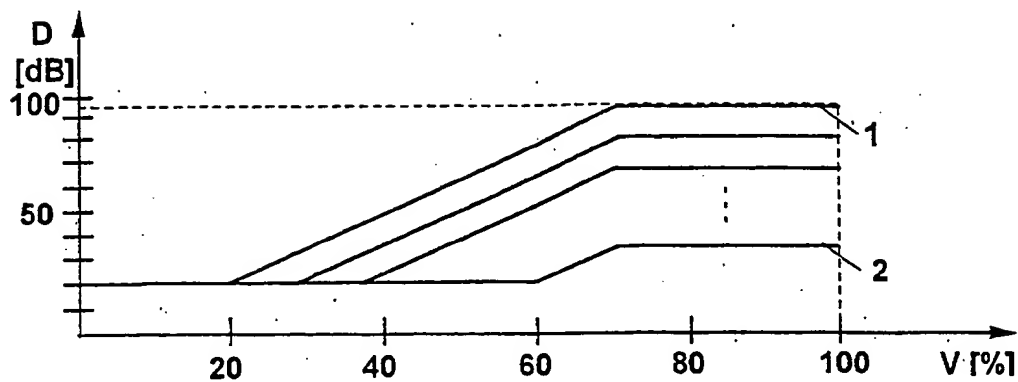


Fig.3

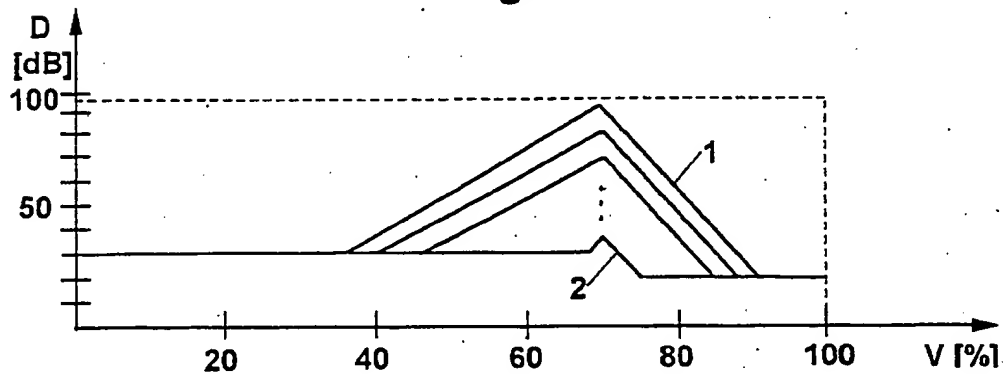


Fig.4

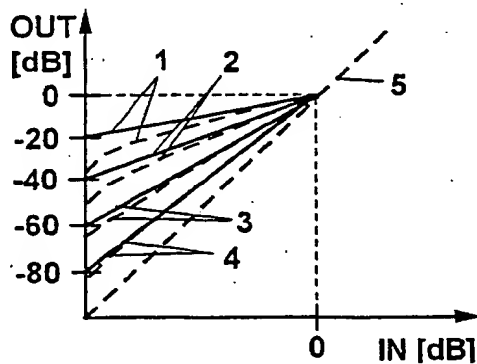


Fig.5

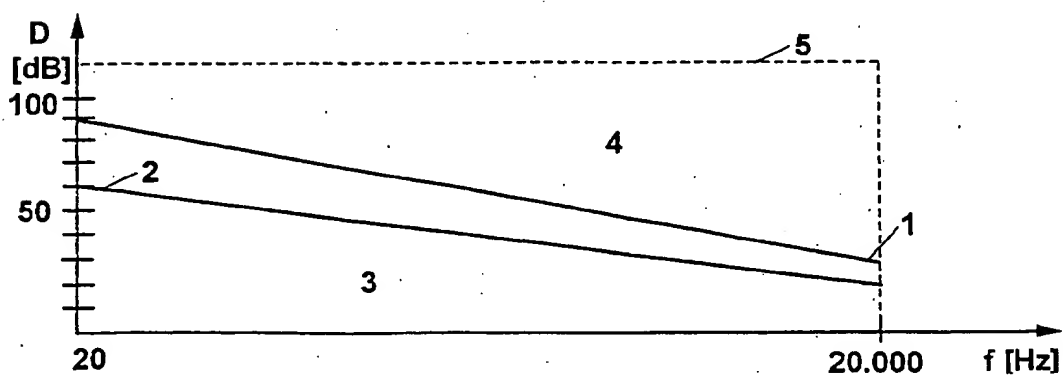


Fig.6

94.21650